

## 明 細 書

### 角度検出装置およびこれを用いたスキャン型アクチュエータ

#### 技術分野

[0001] この発明は、板バネやトーションバーなどの弾性体を介して揺動される可動部の角度を検出する角度検出装置およびこれを用いたスキャン型アクチュエータに関し、特に道路・交通インフラ用のレーザレーダスキャン装置に好適な角度検出装置およびこれを用いたスキャン型アクチュエータに関するものである。

#### 背景技術

[0002] 近年、車両の多機能化と交通量の増大とによってドライバの運転負荷は大きく増大している。これに対し、ドライバの負荷軽減と利便性の向上とを図るACC(Adaptive Cruise Control)システムの開発が進んでいる。このACCシステムを構築するために、車両には、障害物、前方車などの車両、歩行者などを検知するレーダ装置が搭載される場合が多い。この車載用のレーダ装置には、ミリ波や光を用いたスキャン型の装置が多用されている。

[0003] スキャン型のレーダ装置には、モータを利用して、レーザ光などを反射して検知方向にスキャンする可動部を、モータを利用してスキャンさせるものがある。たとえば、DCモータとポリゴンミラーとを用いてレーザ光をスキャンしている(非特許文献1参照)。一方、スキャンする可動部と固定部とを板バネによって接続し、この可動部を、ムービングコイルなどを用いてスキャンさせるスキャン型アクチュエータも用いられる。

[0004] 非特許文献1:「ACCシステム用スキャン式レーザレーダの開発」大杉ら著、デンソーテクニカルレビューVol.6 No.1 2001 pp.43-48

#### 発明の開示

##### 発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、モータを用いたスキャン型アクチュエータは、スキャン角度検出のために、モータ内蔵のロータリーエンコーダを用いているため、コストアップが避けられないという問題点があった。

[0006] 一方、板バネを用いたスキャン型アクチュエータでは、光学式距離センサなどによ

って板バネの変位や可動部の変位を検出し、この検出結果を用いて角度を検出するようになっているため、検出誤差が大きいという問題点があった。

- [0007] すなわち、光学式距離センサなどの距離センサによってスキャン角度を検出する場合、バネ定数などの機体差、距離センサとスキャン型アクチュエータの可動部との間の距離が無視できないことによる相対誤差、温度特性などの距離センサ自体の検出精度差などによって、大きな検出誤差が生じる。さらに、スキャンされる可動部自体の角度精度、可動部のスキャン型アクチュエータへの取付精度や加工寸法精度も、スキャン角度検出誤差の大きな要因となり、これらが複合した大きな誤差が生じる。
- [0008] ここで、可動部あるいは板バネが通過する1点あるいは複数点にフォトインラプタなどの位置センサを設けてスキャン角度を推定することが考えられるが、可動部の動作振幅や軌跡が一定でないため、このような方式によって得られたスキャン角度の精度は低下する。実際に、板バネを用いたスキャン型アクチュエータの可動部の運動は、外乱振動、入力電圧変動、経時変化などによってスキャンのストロークが変動し易い。特に、板バネを用いたスキャン型アクチュエータでは、省電力化を図るため、バネーマス系の一次共振点付近を利用したスキャンを行う場合があり、この場合におけるスキャンのストローク変動は非常に大きくなる。また、スキャン角度を推定によって求める場合、可動部の角度と可動部の軌跡との相関関係を予め把握しておき、この結果をデータ化して補正する必要があり、このための時間と労力とがかかり、しかもメンテナンス性が悪化するという問題点がある。
- [0009] 一方、この推定方式による問題点を解決するために、可動部の軌跡上にほぼ連続的にエンコーダスリットや磁気スケールなどを配置し、光センサや磁気センサなどを用いてスキャン角度を検出することが考えられるが、この場合、エンコーダモータを用いた場合と同様なコストアップが生じるという問題点があった。すなわち、板バネなどを用いたスキャン型アクチュエータでは、スキャン角度によって可動部の回転中心が移動するため、可動部の軌跡上に配置されるエンコーダスリットの間隔がスキャン角度に対応させて複雑なものとなり、高精度配置が要求され、このエンコーダスリットの間隔誤差が大きなスキャン角度誤差となって現れるという問題点があった。また、この誤差を除くためのキャリブレーション処理などに多大な時間と労力とがかかるという問

題点があつた。

[0010] この発明は上記に鑑みてなされたもので、板バネなどの弾性体を用いたスキャン型アクチュエータであつても、精度の高いスキャン角度検出を簡易に行うことができる角度検出装置およびこれを用いたスキャン型アクチュエータを提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

- [0011] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、請求項1にかかる角度検出装置は、弾性体を介して固定部に接続される可動部の両端に設けられ、揺動する該可動部の変位量を検出する第1および第2のセンサと、前記第1および第2のセンサが検知した各変位量と、前記第1のセンサと前記第2のセンサとの間の距離とをもとに前記可動部の変位角度を算出する角度算出手段と、を備えたことを特徴とする。
- [0012] この請求項1の発明によれば、第1および第2のセンサが、揺動する可動部の変位量を検出し、角度算出手段が、前記第1および第2のセンサが検知した各変位量と、前記第1のセンサと前記第2のセンサとの間の距離とをもとに前記可動部の変位角度を算出するようにし、変則的な動作をする可動部の変位角度を簡易に精度良く検出することができる。
- [0013] また、請求項2にかかる角度検出装置は、上記の発明において、前記第1および第2のセンサはそれぞれ2相センサであることを特徴とする。
- [0014] また、請求項3にかかる角度検出装置は、上記の発明において、前記可動部の任意の所定位置を検出する第3のセンサをさらに備え、前記角度算出手段は、前記第1および第2のセンサの検出値をもとに前記可動部の各両端部の動作方向を判別する方向判別手段と、前記第3のセンサの位置検出結果をもとに前記第1および第2のセンサの動作領域を決定する領域決定手段と、を備えたことを特徴とする。
- [0015] この請求項3の発明によれば、前記角度算出手段は、方向判別手段が、前記第1および第2のセンサの検出値をもとに前記可動部の各両端部の動作方向を判別し、第3のセンサによる可動部の中心位置検出結果をもとに前記第1および第2のセンサの動作領域を決定しているので、可動部のチャタリングによる誤差発生の防止と精度の高い絶対角度検出とを可能にしている。

- [0016] また、請求項4にかかる角度検出装置は、上記の発明において、少なくとも前記第1および第2のセンサの軌跡のそれぞれに対応する領域に設けられた slit群を有したエンコーダ板を備え、前記 slit群は、前記第1のセンサと前記第2のセンサとを結ぶ方向に対して平行に形成されることを特徴とする。
- [0017] この請求項4の発明によれば、前記エンコーダ板に設けられた前記 slit群を、前記第1のセンサと前記第2のセンサとを結ぶ方向に平行に形成し、簡易な構成によつて、精度の高い角度検出を行うことができる。
- [0018] また、請求項5にかかる角度検出装置は、上記の発明において、少なくとも前記第1および第2のセンサの軌跡のそれぞれに対応する領域に設けられた slit群を有したエンコーダ板を備え、前記 slit群は、前記第1のセンサと前記第2のセンサとを結ぶ方向に対して垂直に形成されることを特徴とする。
- [0019] また、請求項6, 7にかかる角度検出装置は、上記の発明において、前記エンコーダ板は、前記 slit群を介して前記第1および第2のセンサに光を出射する光源を備え、前記第1および第2のセンサは、フォトインタラプタ型のセンサとして機能することを特徴とする。
- [0020] また、請求項8, 9にかかる角度検出装置は、上記の発明において、前記 slit群は、前記第1および第2のセンサから出射された光を反射あるいは散乱させる slit状の検出群であり、前記第1および第2のセンサは、フォトリフレクタ型のセンサとして機能することを特徴とする。
- [0021] また、請求項10, 11にかかる角度検出装置は、上記の発明において、前記 slit群は、 slit状の磁石群であり、前記第1および第2のセンサは、磁気センサとして機能することを特徴とする。
- [0022] また、請求項12, 13にかかる角度検出装置は、上記の発明において、前記エンコーダ板は、一体成形されることを特徴とする。
- [0023] この請求項12, 13の発明によれば、前記エンコーダ板が、一体成形されているので、エンコーダ板間の位置ずれによる精度の劣化を防止することができる。
- [0024] また、請求項14にかかる角度検出装置は、上記の発明において、前記方向判別手段は、前記2相センサの検出値を4倍して検出することを特徴とする。

- [0025] この請求項14の発明によれば、前記方向判別手段が、前記2相センサの検出値を4倍して検出し、精度の高い位置検出のみならず、方向判別をも可能にし、さらに同じ分解能を得るためにスリット間隔を広げることができるので、簡易な構成によって精度の高い角度検出を行うことができる。
- [0026] また、請求項15にかかる角度検出装置は、上記の発明において、前記角度算出手段は、前記第1のセンサおよび前記第2のセンサとの間の距離の長さ、または前記第1および第2のセンサの角度増大に伴う誤差を補正する補正テーブルをさらに備えたことを特徴とする。
- [0027] また、請求項16にかかるスキャン型アクチュエータは、弾性体を介して固定部に接続される可動部の両端に設けられ、揺動する該可動部の変位量を検出する第1および第2のセンサと、前記第1および第2のセンサが検知した各変位量と、前記第1のセンサと前記第2のセンサとの間の距離とをもとに前記可動部の変位角度を算出する角度算出手段と、を備えた角度検出装置と、前記可動部を揺動させる揺動手段と、前記角度検出装置の検出結果をもとに前記揺動手段による揺動を制御する揺動制御手段と、を備えたことを特徴とする。
- [0028] また、請求項17にかかるスキャン型アクチュエータは、上記の発明において、前記第1および第2のセンサはそれぞれ2相センサであることを特徴とする。
- [0029] また、請求項18にかかるスキャン型アクチュエータは、上記の発明において、前記角度検出装置は、前記可動部の任意の所定位置を検出する第3のセンサをさらに備え、前記角度算出手段は、前記第1および第2のセンサの検出値をもとに前記可動部の各両端部の動作方向を判別する方向判別手段と、前記第3のセンサの位置検出結果をもとに前記第1および第2のセンサの動作領域を決定する領域決定手段と、を備えたことを特徴とする。
- [0030] また、請求項19にかかるスキャン型アクチュエータは、上記の発明において、前記角度検出装置は、少なくとも前記第1および第2のセンサの軌跡のそれぞれに対応する領域に設けられたスリット群を有したエンコーダ板を備え、前記スリット群は、前記第1のセンサと前記第2のセンサとを結ぶ方向に対して平行に形成されることを特徴とする。

- [0031] また、請求項20にかかるスキャン型アクチュエータは、上記の発明において、前記エンコーダ板は、前記スリット群を介して前記第1および第2のセンサに光を出射する光源を備え、前記第1および第2のセンサは、フォトインタラプタ型のセンサとして機能することを特徴とする。
- [0032] また、請求項21にかかるスキャン型アクチュエータは、上記の発明において、前記エンコーダ板は、一体成形されることを特徴とする。
- [0033] また、請求項22にかかるスキャン型アクチュエータは、上記の発明において、前記方向判別手段は、前記2相センサの検出値を4倍して検出することを特徴とする。
- [0034] また、請求項23にかかるスキャン型アクチュエータは、上記の発明において、前記角度算出手段は、前記第1のセンサおよび前記第2のセンサとの間の距離の長さ、または前記第1および第2のセンサの角度増大に伴う誤差を補正する補正テーブルをさらに備えたことを特徴とする。
- [0035] また、請求項24にかかるスキャン型アクチュエータは、上記の発明において、レーザスキャン装置として用いられることを特徴とする。

### 発明の効果

- [0036] この発明によれば、第1および第2のセンサが、弾性体を介して固定部に接続される可動部の両端に設けられ、揺動する該可動部の変位量を検出し、角度算出手段が、前記第1および第2のセンサが検知した各変位量と、前記第1のセンサと前記第2のセンサとの間の距離とともに前記可動部の変位角度を算出するようにし、スキャン型アクチュエータの加工精度や、組み付け精度や、板バネやトーションバーなどのバネ定数等の動特性の影響を受けず、変則的な動作をする可動部の角度を簡易かつ精度良く検出することができるという効果を奏する。
- [0037] また、この発明によれば、角度算出手段は、方向判別手段が、2相センサの検出値をもとに不変形部の各両端部の動作方向を判別し、第3のセンサによる可動部の中心位置検出結果をもとに第1および第2のセンサの動作領域を決定しているので、可動部のチャタリングによる誤差発生の防止と精度の高い絶対角度検出を行うことができるという効果を奏する。
- [0038] また、この発明によれば、エンコーダ板に設けられたスリット群を、第1のセンサと第

2のセンサとを結ぶ方向に平行に形成し、あるいは垂直に形成するようにしているので、簡易な構成によって、精度の高い角度検出を行うことができるという効果を奏する。

[0039] また、この発明によれば、エンコーダ板が、一体成形されているので、エンコーダ板間の位置ずれによる精度の劣化を防止することができるという効果を奏する。

[0040] また、この発明によれば、方向判別手段が、2相センサの検出値を4倍して検出し、精度の高い位置検出のみならず、方向判別をも可能にし、さらに同じ分解能を得るためにスリット間隔を広げることができるので、簡易な構成によって精度の高い角度検出を行うことができるという効果を奏する。

### 図面の簡単な説明

[0041] [図1]図1は、この発明の実施の形態1である角度検出装置を含むスキャン型アクチュエータの一部構成を示す図である。

[図2]図2は、図1に示したスキャン型アクチュエータの概要構成を示す模式図である。

[図3]図3は、図1に示した可動部のスキャン状態を示す図である。

[図4]図4は、図1に示した角度検出装置の構成を示すブロック図である。

[図5]図5は、エンコーダスリット板と可動部との位置関係およびエンコーダスリット板の構成を示す図である。

[図6]図6は、図4に示したエンコーダスリット板と可動部の2相フォトセンサとの位置関係を示す図である。

[図7]図7は、a相信号とb相信号との位相関係と4倍検出処理を示す図である。

[図8]図8は、分解能を説明する図である。

[図9]図9は、ムービングコイルに流す電流と2相フォトセンサの検出距離と算出された角度とのデータを示す図である。

[図10]図10は、ムービングコイルに流す電流と可動部の角度との関係を示す図である。

[図11]図11は、この発明の実施の形態1である角度検出装置の変形例の構成を示す図である。

[図12]図12は、この発明の実施の形態1である角度検出装置の変形例の構成を示す図である。

[図13]図13は、この発明の実施の形態2である角度検出装置のエンコーダスリット板と可動部との位置関係を示す図である。

[図14]図14は、この発明の実施の形態2である角度検出装置の一部構成を示す図である。

[図15]図15は、この発明の実施の形態3である角度検出装置を含むスキャン型アクチュエータの一部構成を示す図である。

[図16]図16は、この発明の実施の形態1～3が適用されるスキャン型アクチュエータの概要構成を示す図である。

[図17]図17は、この発明の実施の形態1～3が適用されるスキャン型アクチュエータの概要構成を示す図である。

### 符号の説明

- [0042] 1, 51a, 51b 固定部
- 2 板バネ
- 3, 53, 61, 71 可動部
- 4, 4e スリット
- 4R, 4L, 4A, 4B, 54R, 54L エンコーダスリット板
- 4d 反射部
- 5 支持部
- 6 ムービングコイル
- 11 制御部
- 12 駆動部
- 13 処理部
- 14 発光部
- 15R, 15L 4倍方向弁別部
- 16R, 16L カウンタ
- 17 演算処理部

- 18 A/B差分距離演算処理部  
19 角度演算処理部  
20 補正テーブル  
24 光源  
52 トーションバー  
72 レンズ  
SR, SL, SR2, SL2, SR5, SL5 2相フォトセンサ  
SC 原点センサ  
Ra, Rb, La, Lb フォトトランジスタ  
Rc, Lc 発光部  
Ea, Eb 領域

### 発明を実施するための最良の形態

[0043] 以下に、本発明にかかる角度検出装置およびこれを用いたスキャン型アクチュエータの実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

#### [0044] (実施の形態1)

図1は、この発明の実施の形態1である角度検出装置を有したスキャン型アクチュエータの一部構成を示す斜視図である。また、図2は、図1に示したスキャン型アクチュエータの全体概要構成を示す模式図である。このスキャン型アクチュエータは、道路・交通インフラ用のスキャン型アクチュエータであり、スキャン型レーザレーダ装置の一部を構成するものである。

[0045] 図1および図2において、このスキャン型アクチュエータは、発光部14から出力されたレーザを反射し、所定角度のスキャンを行う可動部3を有する。可動部3は、弾性体としての板バネ2を介して固定部1に接続される。可動部3は、スキャンするレーザ光の反射方向に対して垂直に配置された板状部材によって構成され、レーザ光の反射面の反対側は、ムービングコイル6が設けられる。ムービングコイル6は、可動部3の軌道を規定し、制御部11内の駆動部12から出力された電流値に応じて駆動する。たとえば、駆動部12が交流電流を出力すると、ムービングコイルが揺動し、これに伴

って可動部3が揺動し、レーザ光がスキャンされる。

- [0046] 可動部3の両端の下端部には、2相フォトセンサSR, SLが設けられ、この2相フォトセンサSR, SLの軌道経路をカバーしたエンコーダスリット板4R, 4Lが設けられる。エンコーダスリット板4R, 4Lには図示しない光源からの光を通過させるスリットが設けられ、2相フォトセンサSR, SLは、このスリットを通過した光を検出し、エンコーダスリット板4R, 4Lを基準とした移動量を検出する。すなわち、2相フォトセンサSR, SLは、フォトインタラプタ型のセンサである。
- [0047] 2相フォトセンサSR, SLが検出した値と、板バネ2が変形しない可動部3の原点位置を検出する、後述する原点センサSCが検出した値とは、制御部11の処理部13に出力され、処理部13は、これらの値をもとに可動部3の角度を演算出力する。制御部11は、処理部13が演算出力した角度をもとに駆動部12をフィードバック制御する。なお、支持部5は、固定部1およびムービングコイル6をガイドする部分を支持する。
- [0048] 図3は、可動部3の揺動動作を示す模式図である。図3に示すように、可動部3の反射面が、レーザ光がスキャンされる検知方向に対して垂直な状態が基準となる原点位置となる。また、可動部3は、この位置から± $\theta_0$ 揺動され、板バネ2と可動部3との接続点、すなわち可動部3の中心位置も変化する。
- [0049] 図4は、図1および図2に示したスキャン型アクチュエータの角度検出装置の構成を示すブロック図である。図4において、エンコーダスリット板4R, 4Lは、各2相フォトセンサSR, SLの軌道経路をカバーし、x方向に延びる複数のスリット4がy方向に間隔 $\delta$ を持たせて配置される。なお、可動部3の角度が0度の時における板バネ2の先端部分を検出する原点センサSCが設けられている。
- [0050] 図5に示すように、エンコーダスリット板4R, 4Lは、複数のスリット4を有するとともに、下部に光源24を有し、光源からの光は、スリット4から2相フォトセンサSR, SL側に出力される。
- [0051] 図6は、2相フォトセンサSR, SLとスリット4との関係を示す図である。図6に示すように、2相フォトセンサSR, SLは、可動部3の両端に設けられ、それぞれ2つのフォトランジスタRa, Rb, La, Lbを有し、スリット4を介した光を検出した場合に、オン状態となるパルスを出力する。ここで、フォトランジスタRa, RbおよびフォトランジスタLa

，Lbは、それぞれ角度0度の状態で、スリット4の長手方向に $1/2 \delta$ の間隔もって垂直に配置される。したがって、可動部3が揺動した場合、フォトトランジスタRa, RbおよびフォトトランジスタLa, Lbからは、それぞれ90度の位相差をもったパルスが出力される。ここで、可動部3が反時計回りに移動する場合、フォトトランジスタRa, Rbは、フォトトランジスタRa, Rbの順序でスリット4からの光を検出し、フォトトランジスタLa, Lbは、フォトトランジスタLa, Lbの順序でスリット4からの光を検出する。そこで、フォトトランジスタRa, Laが検出したパルス信号をa相信号とし、フォトトランジスタRb, Lbが検出したパルス信号をb相信号とする。

- [0052] 図4において、2相フォトセンサSRからは、フォトトランジスタRaからのa相信号SRaとフォトトランジスタRbからのb相信号SRbとが outputされ、処理部13の4倍方向弁別部15Rに入力される。一方、2相フォトセンサSLからは、フォトトランジスタLaからのa相信号SLaとフォトトランジスタLbからのb相信号SLbとが outputされ、処理部13の4倍方向弁別部15Lに入力される。
- [0053] 4倍方向弁別部15Rは、a相信号SRaおよびb相信号SRbのパルスの立ち上がりおよび立ち下がりの全ての時点t1～t4を検出し、4倍方向弁別部15Lは、a相信号SLaおよびb相信号SLbのパルスの立ち上がりおよび立ち下がりの全ての時点t1～t4を検出する。ここで、図7に示すようにa相信号とb相信号との間は、90度の位相差があるので、1周期360度の期間において、90度毎の4つの信号を得ることができ、2相フォトセンサSR, SLの位置検出の分解能を4倍に上げることができる。
- [0054] また、4倍方向弁別部15R, 15Lは、a相信号がb相信号に対して進んでいる場合(図7(a))には、可動部3が反時計回りに移動しているものと判断することができ、この場合、パルスの立ち上がりおよび立ち下がり毎にパルス信号Supをカウンタ16R, 16Lに出力する。一方、a相信号がb相信号に対して遅れている場合(図7(b))には、可動部3が時計回りに移動しているものと判断することができ、この場合、パルスの立ち上がりおよび立ち下がり毎にパルス信号Sdownをカウンタ16R, 16Lに出力する。
- [0055] カウンタ16R, 16Lは、パルス信号Supの入力毎にカウント値をインクリメントし、パルス信号Sdownの入力毎にカウント値をデクリメントする。たとえば、反時計回りに15

個カウントされた後、時計方向に5個カウントされると、カウンタ16R, 16Lは、10個のカウント値を出力する。すなわち、4倍方向弁別部15R, 15Lによる可動部3の移動方向を判別することによって、チャタリングなどによる誤ったカウントを防止することができる。

- [0056] また、カウンタ16R, 16Lには、原点センサSCからのパルス信号S1がそれぞれ入力される。このパルス信号S1は、リセットパルスとしての機能を有し、カウンタ16R, 16Lは、リセットされる。これによって、カウンタ16R, 16Lから出力された信号SB, SAは、可動部3が0度の状態を基準としたy方向成分のカウント値nB, nAとなる。このカウント値nB, nAをもつ信号SB, SAは、演算処理部17のA／B差分距離演算処理部18に入力される。
- [0057] A／B差分距離演算処理部18は、y方向の変位量 $\Delta L \theta y$ を次式(1)によって算出する。

$$\Delta L \theta y = (nA + nB) * (\delta / 4) \quad \cdots (1)$$

- [0058] この変位量 $\Delta L \theta y$ は、角度演算処理部19に出力され、角度演算処理部19は、2相センサSR, SL間の距離をLとして、次式(2)によって可動部3の基準位置に対する相対的な角度 $\theta$ を算出する。

$$\theta = \sin^{-1}(L \theta y / L) \quad \cdots (2)$$

- [0059] このようにして、可動部3の揺動が真円でない変則的な軌道をもつ場合であっても、可動部3の角度を検出することができる。なお、2相センサSR, SL間の距離Lを長く取れる場合や揺動する角度 $\theta_0$ が小さい場合には、一層精度高く、角度 $\theta$ を検出することができる。
- [0060] この場合、スキャン型アクチュエータの加工精度や、組み付け精度や、板バネのバネ定数などの動特性などの影響を受けず、スリット4も等間隔 $\delta$ で配置するのみであるため、精度の高い角度検出を簡易に行うことができる。
- [0061] なお、2相センサSR, SL間の距離Lを長くとれない場合や揺動する角度 $\theta_0$ が大きい場合には、y方向成分のカウント値nB, nAと角度 $\theta$ との関係がリニアでなくなるため、補正テーブル20に格納された補正值を用いて角度 $\theta$ を補正するようにしてもよい。

[0062] また、4倍方向弁別部15R, 15Lは、a相信号およびb相信号を4倍しているが、これに限らず、2倍、1倍で検出するようにしてもよい。ただし、4倍で検出すると、同じ分解能で、スリット4の間隔  $\delta$  を4倍にすることができるため、4倍で検出することが好ましい。

[0063] ここで、具体的な分解能について説明する。図8に示すように、角度検出分解能を「 $\theta_s$ 」とすると、間隔  $\delta$  は、次式(3)で示すことができる。

$$\delta = L / 2 * (\sin \theta_0 - \sin(\theta_0 - \theta_s)) \quad \cdots (3)$$

したがって、

$$\sin(\theta_0 - \theta_s) = \sin \theta_0 - 2 \delta / L \quad \cdots (4)$$

と表せる。ここで、具体的に、距離  $L = 110\text{mm}$ 、スキャンの角度  $\theta_0 = \pm 25^\circ$ 、スリット4の間隔  $\delta = 0.5\text{mm}$  とすると、4倍で検出しているため、間隔  $\delta = 0.125\text{mm}$  となり、これらの値を式(4)に代入すると、

$$\begin{aligned} \sin(\theta_0 - \theta_s) &= \sin 25 - 2 * 0.125 / 110 \\ &= 0.420346 \end{aligned}$$

となり、

$$\begin{aligned} \theta_s &= 25 - \sin^{-1}(0.420346) \\ &= 25 - 24.8564 \\ &= 0.144(\text{deg.}) \end{aligned}$$

となる分解能を得ることができる。逆に所望の分解能を得るための、スリット4の間隔  $\delta$  を得ることもでき、距離  $L$  をも得ることができる。

[0064] この具体的な角度検出装置におけるムービングコイル6に流す電流  $I$  と、可動部3の実際の角度  $\theta_m$  と、式(2)によって得られた算出角度  $\theta$  との関係を示すと、図9のようになつた。ここで、実測角度  $\theta_m$  と、算出角度  $\theta$  との関係を図10に示す。図10から、実測角度  $\theta_m$  と算出角度  $\theta$  との関係はリニアであり、補正をせずに、精度の高い角度検出を容易に行うことができる。

[0065] なお、図4に示した角度検出装置では、2つの独立したエンコーダスリット板4R, 4Lを用いていたが、図11に示すように、一つのエンコーダスリット板4A上にスリット4を形成するようにしてもよい。この場合、2相フォトセンサSR側のスリット4と2相フォトセ

ンサSL側のスリット4との位置関係を固定することができるため、一層精度の高い角度検出を行うことができる。なお、長手方向の2つのスリットを1つのスリットとして形成するようにしてもよい。

[0066] さらに、2相フォトセンサSR, SLは、フォトインタラプタ型のセンサであったが、これに限らず、フォトリフレクタ型のセンサとして構成してもよい。この場合、図12に示すように、スリット4に代えて、スリット状の反射領域Eaをもつ反射部4dを形成し、その他の領域Ebは、光を散乱させるように形成する。さらに、2相フォトセンサSR, SLの近傍にそれぞれ発光部Rc, Lcを設ける。これによって、図4に示した角度検出装置と同じ精度の角度検出を簡易に行うことができる。また、逆に、領域Eaを光の散乱領域にし、領域Ebを光の反射領域にしてもよい。なお、光の散乱は、その領域に凹凸を形成することによって容易に行うことができる。

[0067] なお、上述した処理部13の演算処理部17は、ソフトウェア的に処理し、その他の構成をハードウェア的に処理しているが、これに限らず、適宜ソフトウェア処理とハードウェア処理とに変更することができる。

[0068] (実施の形態2)

つぎに、この発明の実施の形態2について説明する。上述した実施の形態1では、エンコーダスリット板4R, 4Lのスリット4の長手方向が、静止時の可動部3の長手方向と同じに設定し、y方向の変動距離を検出していたが、この実施の形態2では、スリットの長手方向と、静止時の可動部3の長手方向とが直交するように形成し、x方向の変動距離を検出するようにしている。

[0069] 図13は、この発明の実施の形態2である角度検出装置の可動部とエンコーダスリット板との詳細構成を示す図である。また、図14は、この発明の実施の形態2である角度検出装置の可動部とエンコーダスリット板との位置関係を示す図である。図13および図14において、スリット4eは、可動部3の長手方向に直交する方向に延び、可動部3の長手方向に等間隔 $\delta$ で配列されている。

[0070] ここで、2相フォトセンサSR, SLに対応する2相フォトセンサSR2, SL2の各フォトランジスタR2a, R2b, L2a, L2bは、可動部3の長手方向に沿って配列される。また、フォトランジスタR2a, R2bおよびフォトランジスタL2a, L2bの各間隔は $1/2\delta$

に設定され、フォトトランジスタR2a, R2bの各パルスに90° の位相差をもたせ、フォトトランジスタL2a, L2bの各パルスに90° の位相差をもたせるようにしている。

- [0071] ここで、A／B差分距離演算処理部18は、x方向の変位量 $\Delta L \theta_x$ を次式(5)によつて算出する。

$$\Delta L \theta_x = (nA + nB) * (\delta / 4) \quad \cdots (5)$$

- [0072] この変位量 $\Delta L \theta_x$ は、角度演算処理部19に出力され、角度演算処理部19は、2相

センサSR, SL間の距離をLとして、次式(6)によって可動部3の基準位置に対する相対的な角度 $\theta$ を算出する。

$$\theta = \cos^{-1}(L \theta_x / L) \quad \cdots (6)$$

- [0073] このようにして、可動部3の揺動が真円でない変則的な軌道をもつ場合であっても、可動部3の角度を検出することができる。なお、2相センサSR2, SL2間の距離Lを長く取れる場合や揺動する角度 $\theta_0$ が小さい場合には、一層精度高く、角度 $\theta$ を検出することができる。

- [0074] この場合、スキャン型アクチュエータの加工精度、組み付け精度、板バネのバネ定数などの動特性の影響を受けず、スリット4eも等間隔 $\delta$ で配置するのみであるため、精度の高い角度検出を簡易に行うことができる。

- [0075] (実施の形態3)

上述した実施の形態1, 2では、板バネを用いたスキャン型アクチュエータであったが、この実施の形態3では、トーションバーを用いたスキャン型アクチュエータとしている。

- [0076] 図15は、この発明の実施の形態3である角度検出装置を含むスキャン型アクチュエータの一部構成を示す図である。このスキャン型アクチュエータは、実施の形態1における板バネ2に代えてトーションバー52を用い、このトーションバー52の復元力を有効利用して、可動部3に対応する可動部53が、トーションバー52の軸を中心に揺動する。この可動部53の揺動は、図示しないムービングコイルなどを用いて揺動させてもよいし、トーションバー52自体を回動して揺動させるようにしてもよい。

- [0077] 可動部53の中心は、トーションバー52に貫かれ、トーションバー52の両端は、固定

部51a, 51bによって固定される。可動部53の長手方向の両端部の下部には、実施の形態1と同様に、2相フォトセンサSR5, SL5が設けられ、この2相フォトセンサSR5, SL5の軌跡をカバーするように、実施の形態1と同様に、エンコーダスリット板54R, 54Lが設けられる。この2相フォトセンサSR5, SL5とエンコーダスリット板54R, 54Lとによって検出される可動部53の絶対角度は、実施の形態1, 2を適用して求めることができる。

- [0078] このようにして、板バネ2に限らず、トーションバー52を有効利用して揺動される可動部53であっても、この可動部53の角度を簡易かつ精度良く検出することができる。なお、この実施の形態3では、トーションバー52を1つのトーションバーとしているが、固定部51aと可動部53との間および固定部51bと可動部53との間のそれぞれに、独立した2つのトーションバーを設けるようにしてもよい。
- [0079] なお、上述した実施の形態1～3に示したスキャン型アクチュエータは、図2に示した形態の他に、たとえば図16に示すスキャン型アクチュエータとして適用することができる。このスキャン型アクチュエータは、板バネ2の先端に固定された可動部61がミリ波の送受信アンテナとして機能する。この場合においても、2相フォトセンサを可動部61の両端に設け、可動部61の下部にエンコーダスリット板を設ける。
- [0080] さらに、上述した実施の形態1～3に示したスキャン型アクチュエータでは、たとえば可動部3が発光部14からのレーザ光を反射させるものであったが、図17に示すスキャン型アクチュエータは、レーザ光である光73を可動部71のレンズ72を介して検出方向に出射し、レーザ光をスキャンしている。この図17に示すスキャン型アクチュエータにも、上述した実施の形態1～3を適用することができ、この場合においても、2相フォトセンサを可動部71の両端に設け、可動部71の下部にエンコーダスリット板を設ける。
- [0081] なお、上述した実施の形態1～3では、光センサとしての2相フォトセンサSR, SLを用いていたが、これに限らず、磁気センサによって形成してもよい。磁気センサとしては、ホール素子、磁気抵抗素子、磁気トランジスタなどと、永久磁石、磁気スケール、電磁石などを、適宜組み合わせて用いることができる。

## 産業上の利用可能性

[0082] 以上のように、本発明にかかる角度検出装置およびこれを用いたスキャン型アクチュエータは、板バネやトーションバーなどの弾性体を介して揺動される可動部の角度を検出する角度検出装置およびこれを用いたスキャン型アクチュエータに有用であり、特に、道路・交通インフラ用のレーザレーダスキャン装置に適している。

## 請求の範囲

- [1] 弹性体を介して固定部に接続される可動部の両端に設けられ、揺動する該可動部の変位量を検出する第1および第2のセンサと、  
前記第1および第2のセンサが検知した各変位量と、前記第1のセンサと前記第2のセンサとの間の距離とをもとに前記可動部の変位角度を算出する角度算出手段と、  
を備えたことを特徴とする角度検出装置。
- [2] 前記第1および第2のセンサはそれぞれ2相センサであることを特徴とする請求項1に記載の角度検出装置。
- [3] 前記可動部の任意の所定位置を検出する第3のセンサをさらに備え、  
前記角度算出手段は、  
前記第1および第2のセンサの検出値をもとに前記可動部の各両端部の動作方向を判別する方向判別手段と、  
前記第3のセンサの位置検出結果をもとに前記第1および第2のセンサの動作領域を決定する領域決定手段と、  
を備えたことを特徴とする請求項1に記載の角度検出装置。
- [4] 少なくとも前記第1および第2のセンサの軌跡のそれぞれに対応する領域に設けられたスリット群を有したエンコーダ板を備え、  
前記スリット群は、前記第1のセンサと前記第2のセンサとを結ぶ方向に対して平行に形成されることを特徴とする請求項1に記載の角度検出装置。
- [5] 少なくとも前記第1および第2のセンサの軌跡のそれぞれに対応する領域に設けられたスリット群を有したエンコーダ板を備え、  
前記スリット群は、前記第1のセンサと前記第2のセンサとを結ぶ方向に対して垂直に形成されることを特徴とする請求項1に記載の角度検出装置。
- [6] 前記エンコーダ板は、前記スリット群を介して前記第1および第2のセンサに光を射する光源を備え、  
前記第1および第2のセンサは、フォトインタラプタ型のセンサとして機能することを特徴とする請求項4に記載の角度検出装置。

- [7] 前記エンコーダ板は、前記スリット群を介して前記第1および第2のセンサに光を出射する光源を備え、  
前記第1および第2のセンサは、フォトインタラプタ型のセンサとして機能することを特徴とする請求項5に記載の角度検出装置。
- [8] 前記スリット群は、前記第1および第2のセンサから出射された光を反射あるいは散乱させるスリット状の検出群であり、  
前記第1および第2のセンサは、フォトリフレクタ型のセンサとして機能することを特徴とする請求項4に記載の角度検出装置。
- [9] 前記スリット群は、前記第1および第2のセンサから出射された光を反射あるいは散乱させるスリット状の検出群であり、  
前記第1および第2のセンサは、フォトリフレクタ型のセンサとして機能することを特徴とする請求項5に記載の角度検出装置。
- [10] 前記スリット群は、スリット状の磁石群であり、  
前記第1および第2のセンサは、磁気センサとして機能することを特徴とする請求項4に記載の角度検出装置。
- [11] 前記スリット群は、スリット状の磁石群であり、  
前記第1および第2のセンサは、磁気センサとして機能することを特徴とする請求項5に記載の角度検出装置。
- [12] 前記エンコーダ板は、一体成形されることを特徴とする請求項4に記載の角度検出装置。
- [13] 前記エンコーダ板は、一体成形されることを特徴とする請求項5に記載の角度検出装置。
- [14] 前記方向判別手段は、前記2相センサの検出値を4倍して検出することを特徴とする請求項3に記載の角度検出装置。
- [15] 前記角度算出手段は、前記第1のセンサおよび前記第2のセンサとの間の距離の長さ、または前記第1および第2のセンサの角度増大に伴う誤差を補正する補正テーブルをさらに備えたことを特徴とする請求項1に記載の角度検出装置。
- [16] 弹性体を介して固定部に接続される可動部の両端に設けられ、揺動する該可動部

の変位量を検出する第1および第2のセンサと、

前記第1および第2のセンサが検知した各変位量と、前記第1のセンサと前記第2のセンサとの間の距離とともに前記可動部の変位角度を算出する角度算出手段と

、

を備えた角度検出装置と、

前記可動部を揺動させる揺動手段と、

前記角度検出装置の検出結果をもとに前記揺動手段による揺動を制御する揺動制御手段と、

を備えたことを特徴とするスキャン型アクチュエータ。

[17] 前記第1および第2のセンサはそれぞれ2相センサであることを特徴とする請求項16に記載のスキャン型アクチュエータ。

[18] 前記角度検出装置は、

前記可動部の任意の所定位置を検出する第3のセンサをさらに備え、

前記角度算出手段は、

前記第1および第2のセンサの検出値をもとに前記可動部の各両端部の動作方向を判別する方向判別手段と、

前記第3のセンサの位置検出結果をもとに前記第1および第2のセンサの動作領域を決定する領域決定手段と、

を備えたことを特徴とする請求項16に記載のスキャン型アクチュエータ。

[19] 前記角度検出装置は、

少なくとも前記第1および第2のセンサの軌跡のそれぞれに対応する領域に設けられた slit 群を有したエンコーダ板を備え、

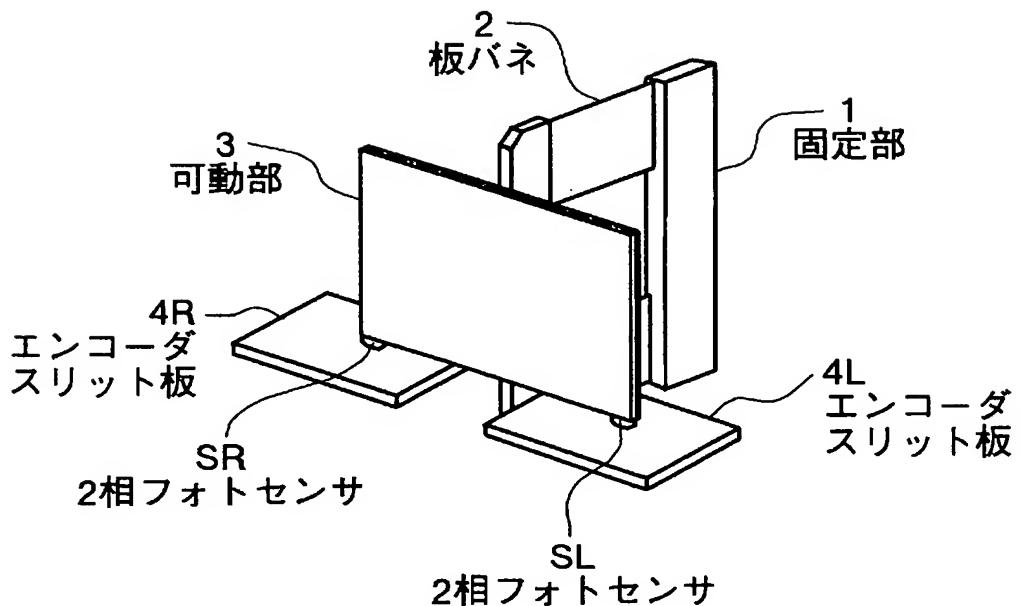
前記 slit 群は、前記第1のセンサと前記第2のセンサとを結ぶ方向に対して平行に形成されることを特徴とする請求項16に記載のスキャン型アクチュエータ。

[20] 前記エンコーダ板は、前記 slit 群を介して前記第1および第2のセンサに光を射する光源を備え、

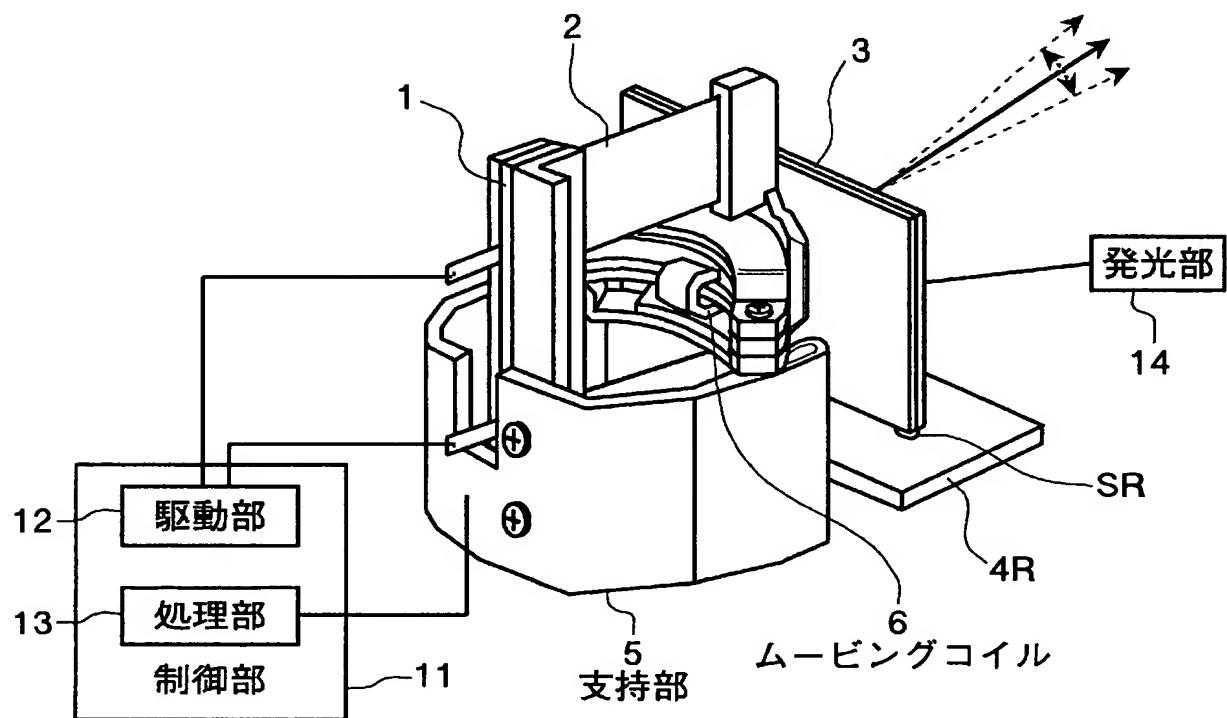
前記第1および第2のセンサは、フォトインタラプタ型のセンサとして機能することを特徴とする請求項19に記載のスキャン型アクチュエータ。

- [21] 前記エンコーダ板は、一体成形されることを特徴とする請求項19に記載のスキャン型アクチュエータ。
- [22] 前記方向判別手段は、前記2相センサの検出値を4倍して検出することを特徴とする請求項18に記載のスキャン型アクチュエータ。
- [23] 前記角度算出手段は、前記第1のセンサおよび前記第2のセンサとの間の距離の長さ、または前記第1および第2のセンサの角度増大に伴う誤差を補正する補正テーブルをさらに備えたことを特徴とする請求項16に記載のスキャン型アクチュエータ。
- [24] レーザスキャン装置として用いられることを特徴とする請求項16に記載のスキャン型アクチュエータ。

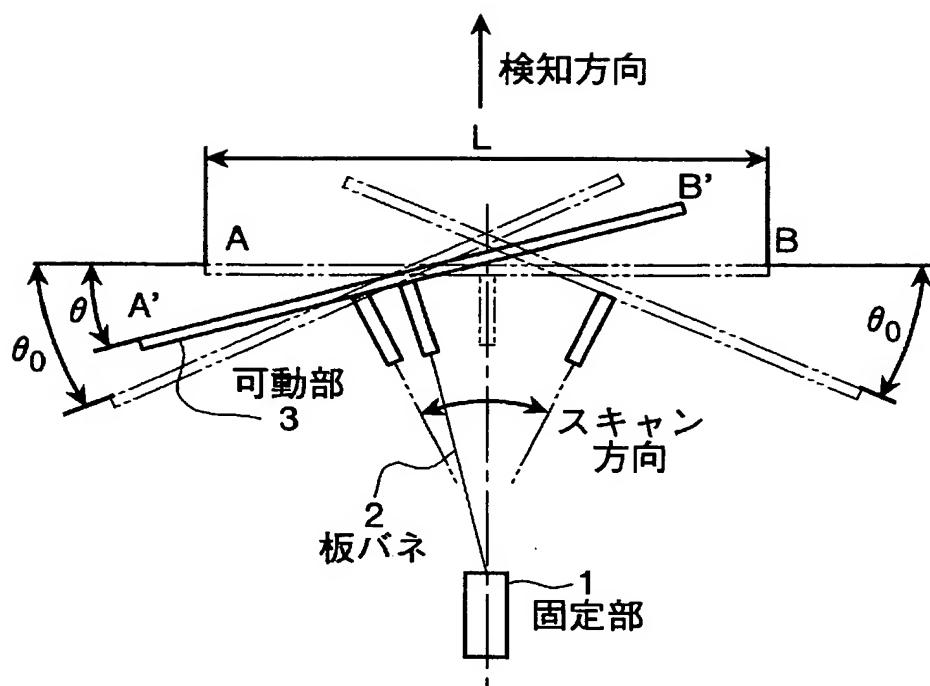
[図1]



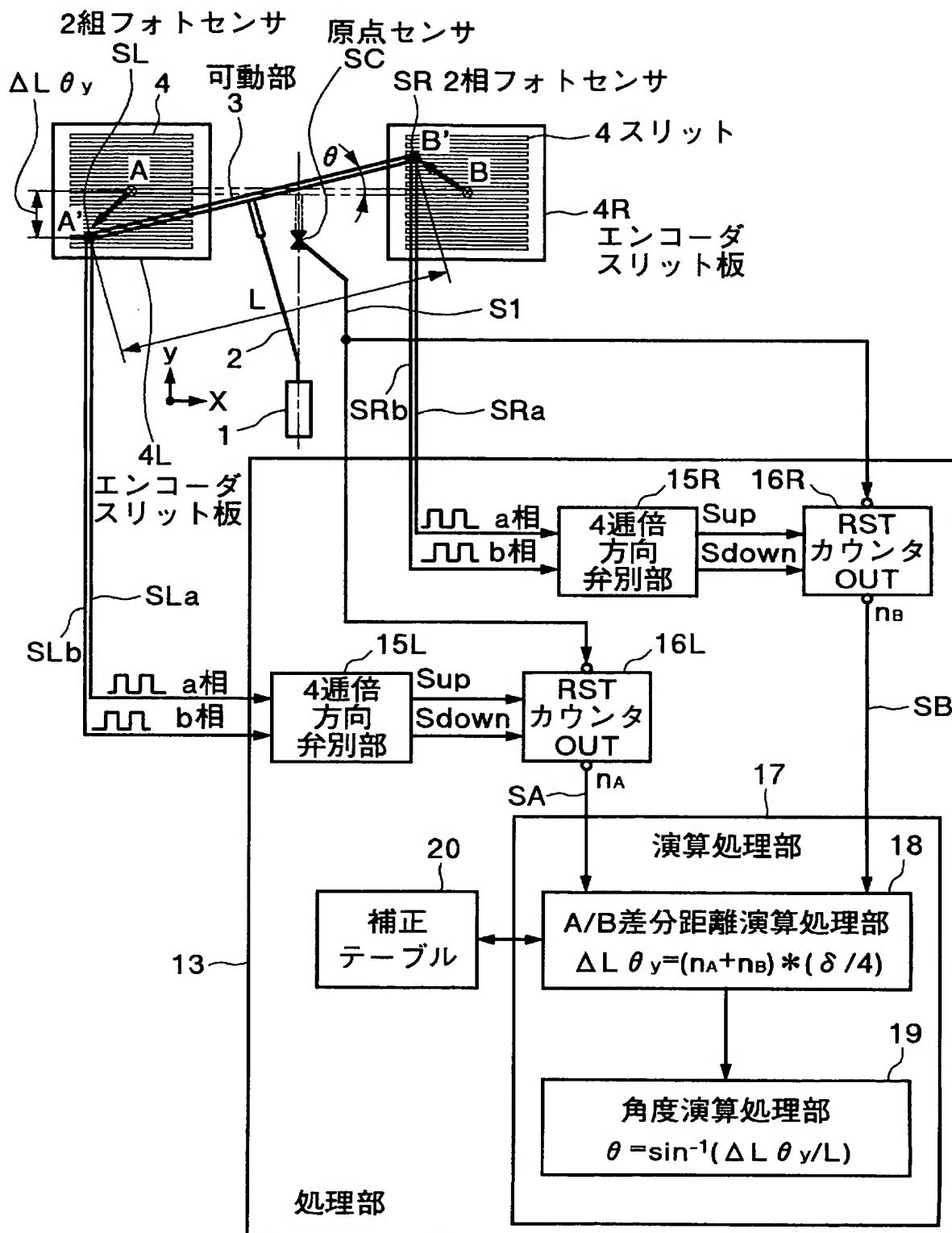
[図2]



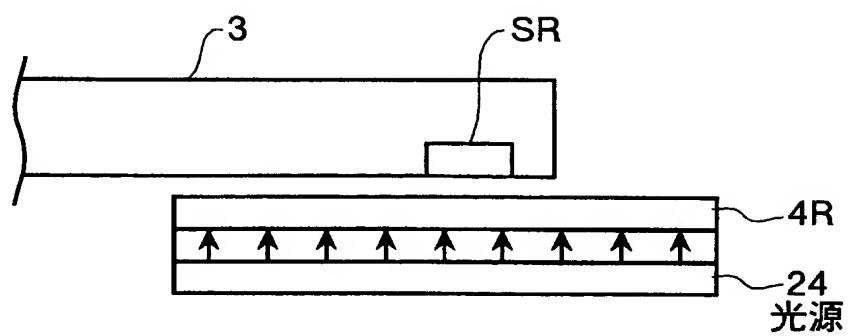
[図3]



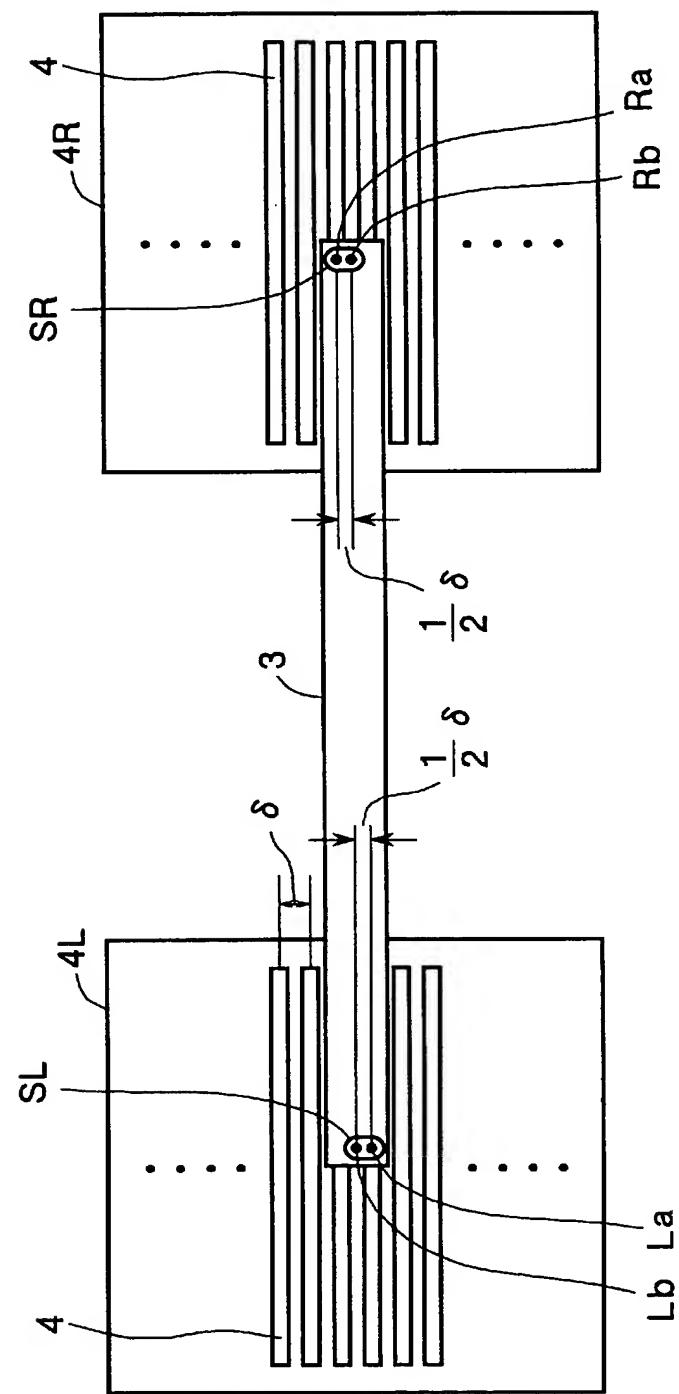
[図4]



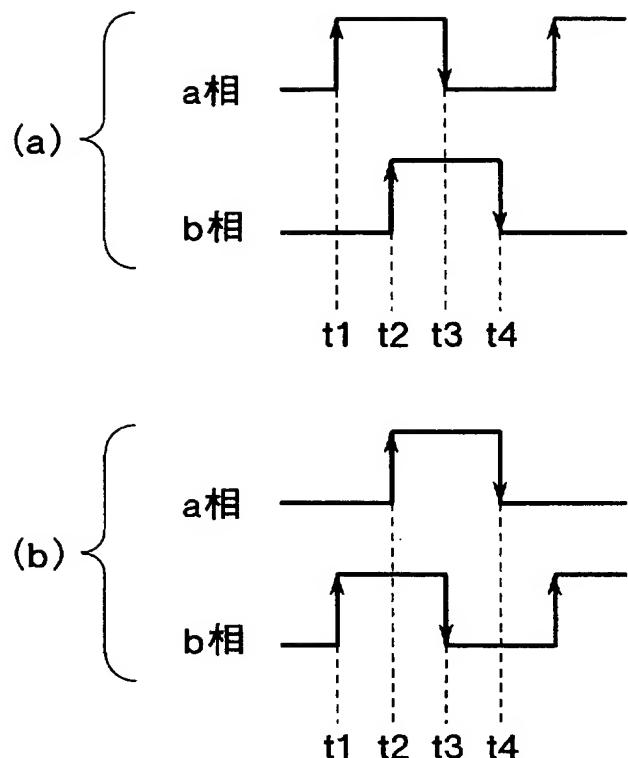
[図5]



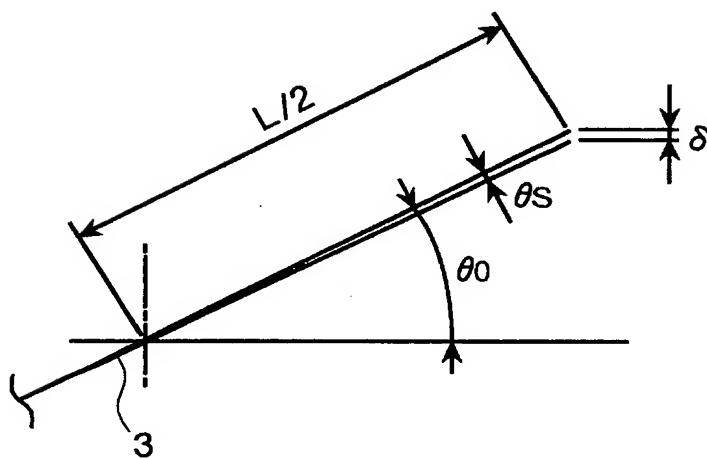
[図6]



[図7]



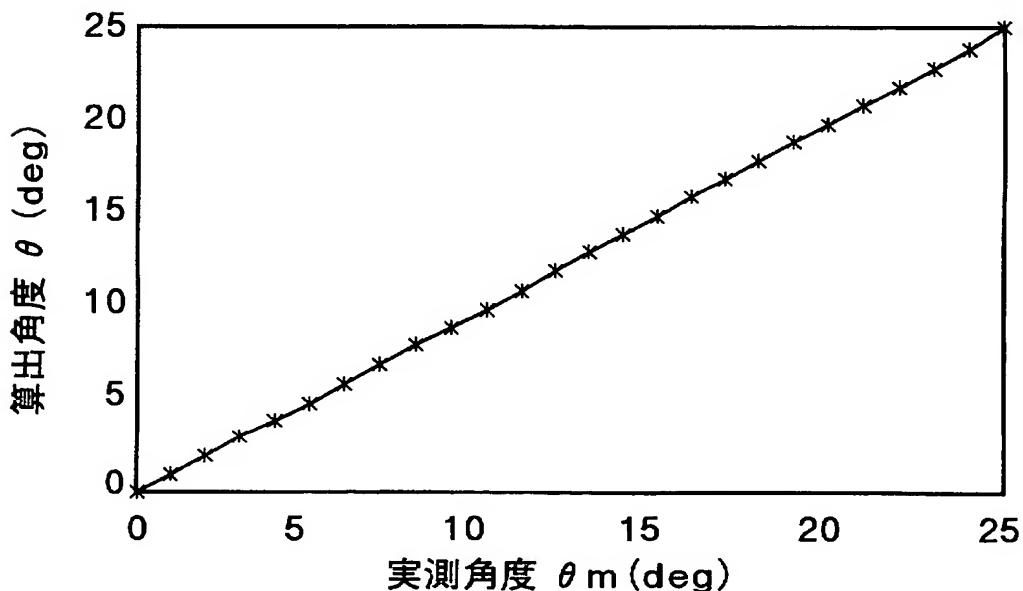
[図8]



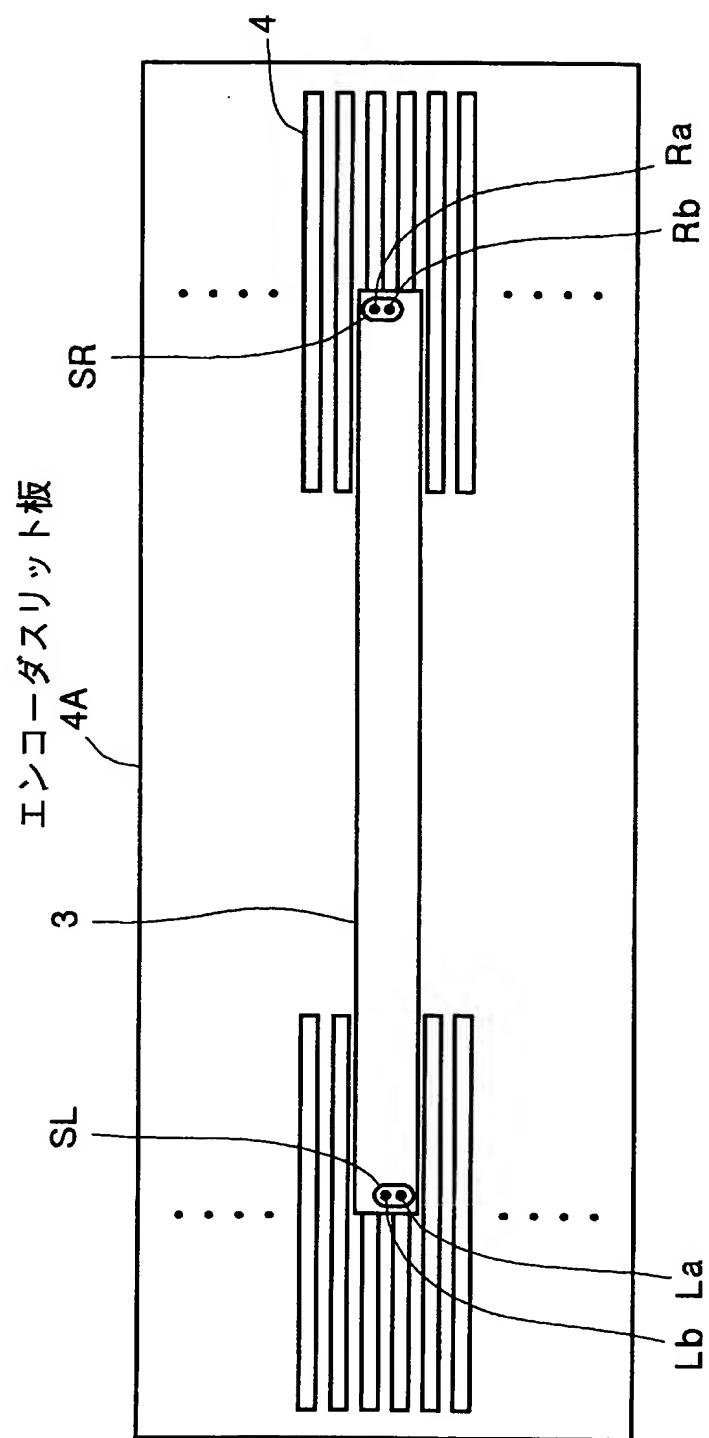
[図9]

電流 I (mA)	実測角度			変位量 n (nA+nB)	検出距離 $\bar{L}$ θy (mm)	算出角度 θ (deg)
	(°)	(')	(")			
0	0	0	0	0	0	0
7	1	2	31	1.042	15	1.04179885
14	2	5	2	2.084	31	2.083942335
21	3	7	36	3.127	46	3.126776114
28	3	54	34	3.809	61	3.909563525
35	4	57	16	4.954	77	4.954443866
42	6	0	3	6.001	92	6.000978892
49	7	2	59	7.050	107	7.049527515
56	8	6	1	8.100	122	8.100454824
63	8	53	25	8.890	138	8.890435067
70	9	56	47	9.946	153	9.946426473
77	11	0	21	11.006	168	11.00584245
84	12	4	9	12.069	183	12.06908252
91	12	52	10	12.869	198	12.86926952
98	13	56	25	13.940	213	13.94020184
105	15	0	58	15.016	228	15.01612675
112	16	5	51	16.098	243	16.09749977
119	16	54	44	16.912	257	16.9123898
126	18	0	16	18.004	272	18.004453
133	19	6	12	19.103	286	19.1032448
140	19	55	58	19.932	301	19.93227047
147	21	2	39	21.044	315	21.04437614
154	21	53	2	21.884	330	21.88391389
161	23	0	40	23.011	344	23.01107752
168	23	51	45	23.863	358	23.86264612
175	25	0	25	25.007	372	25.00689175

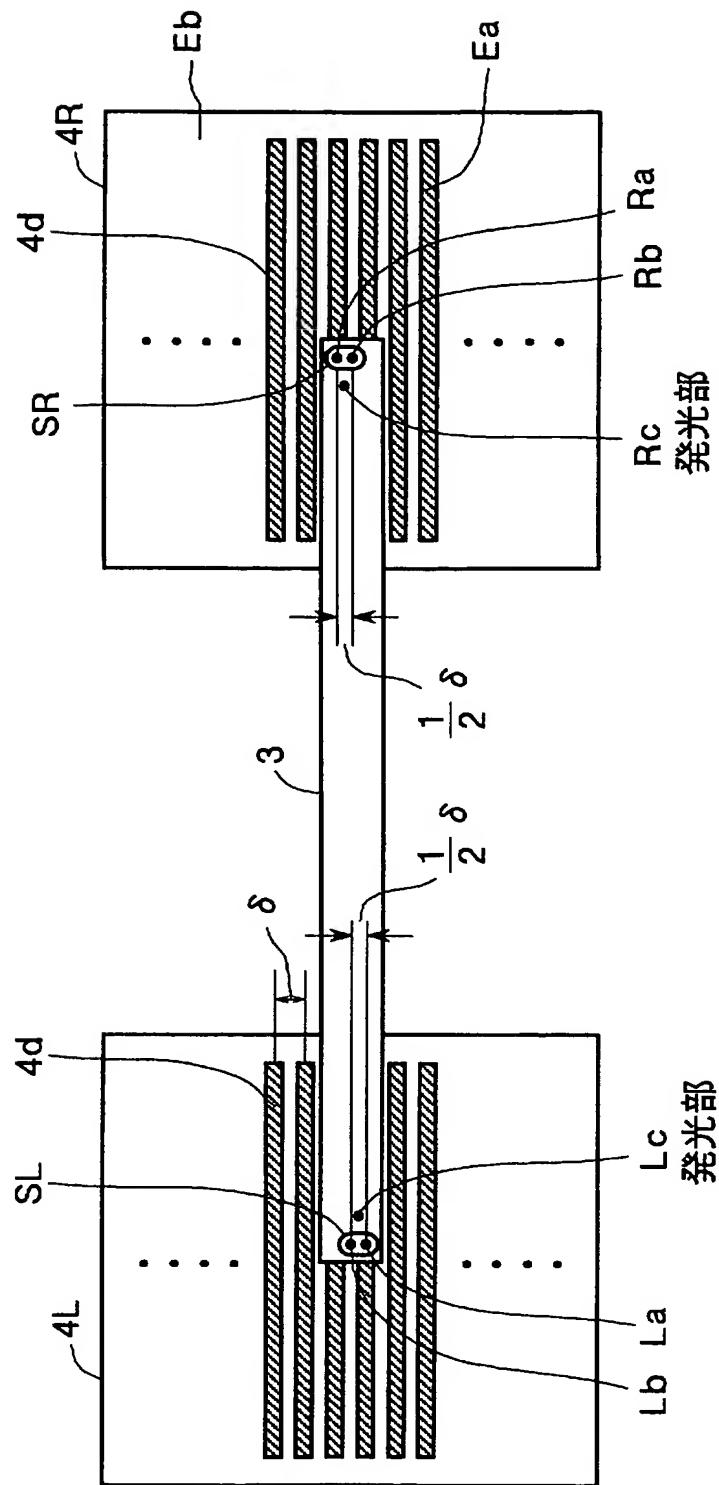
[図10]



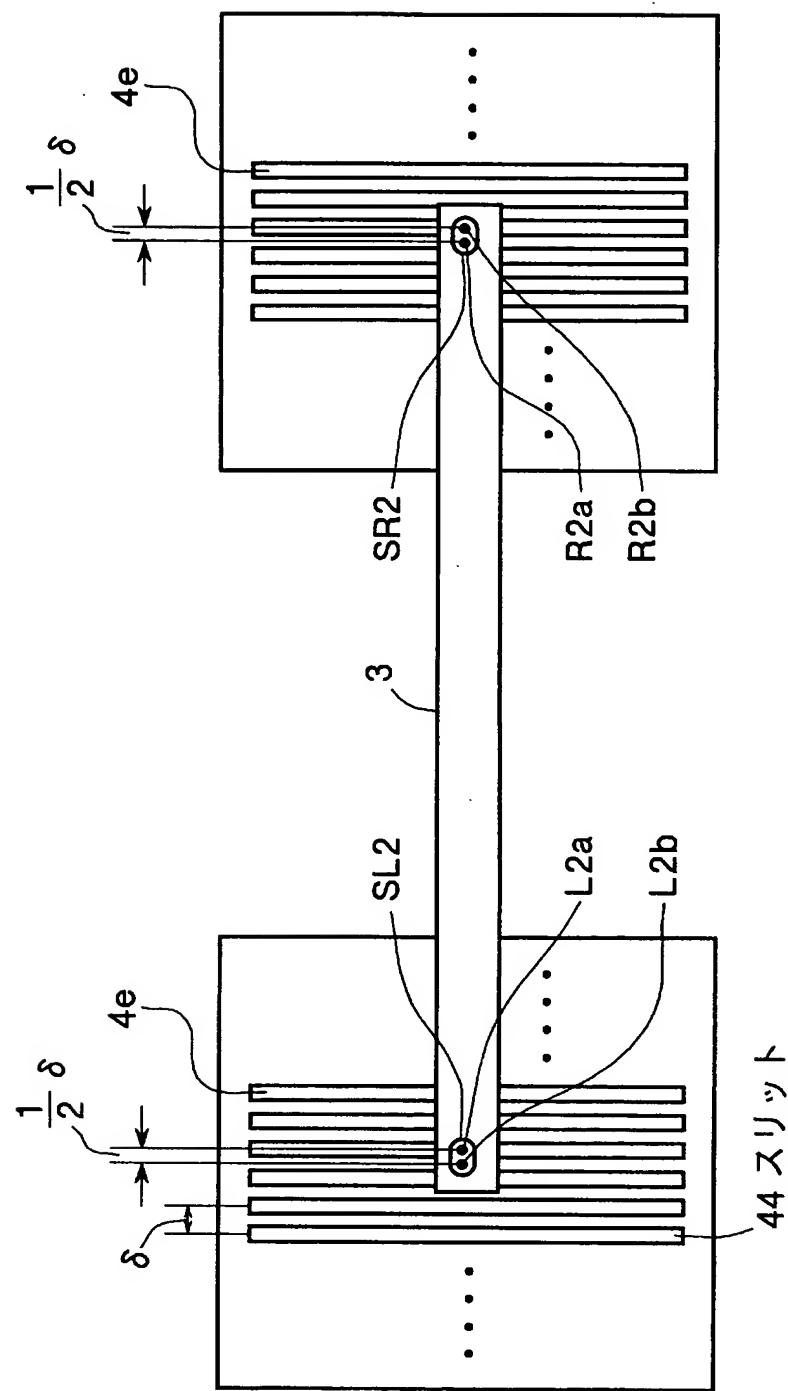
[図11]



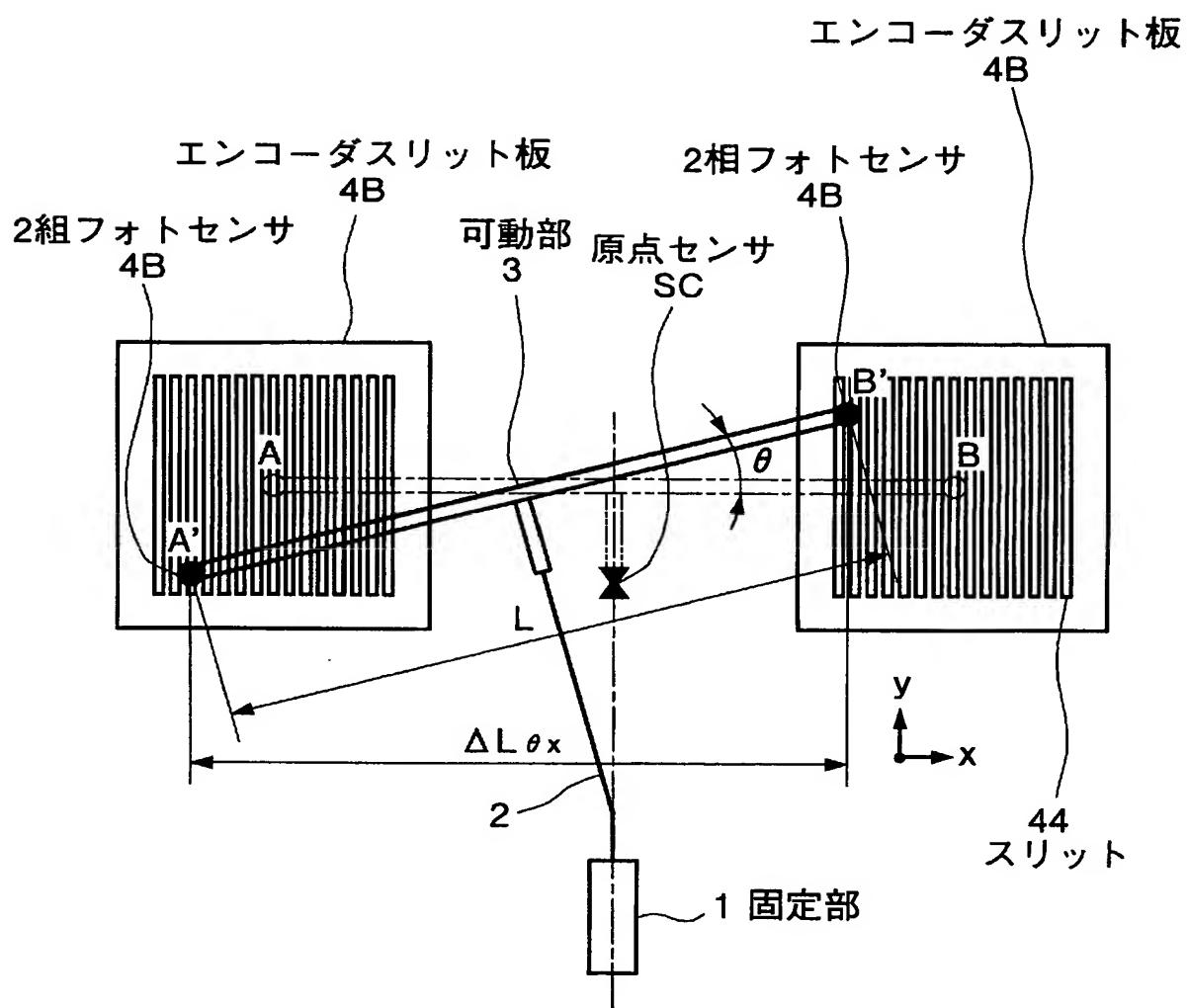
[図12]



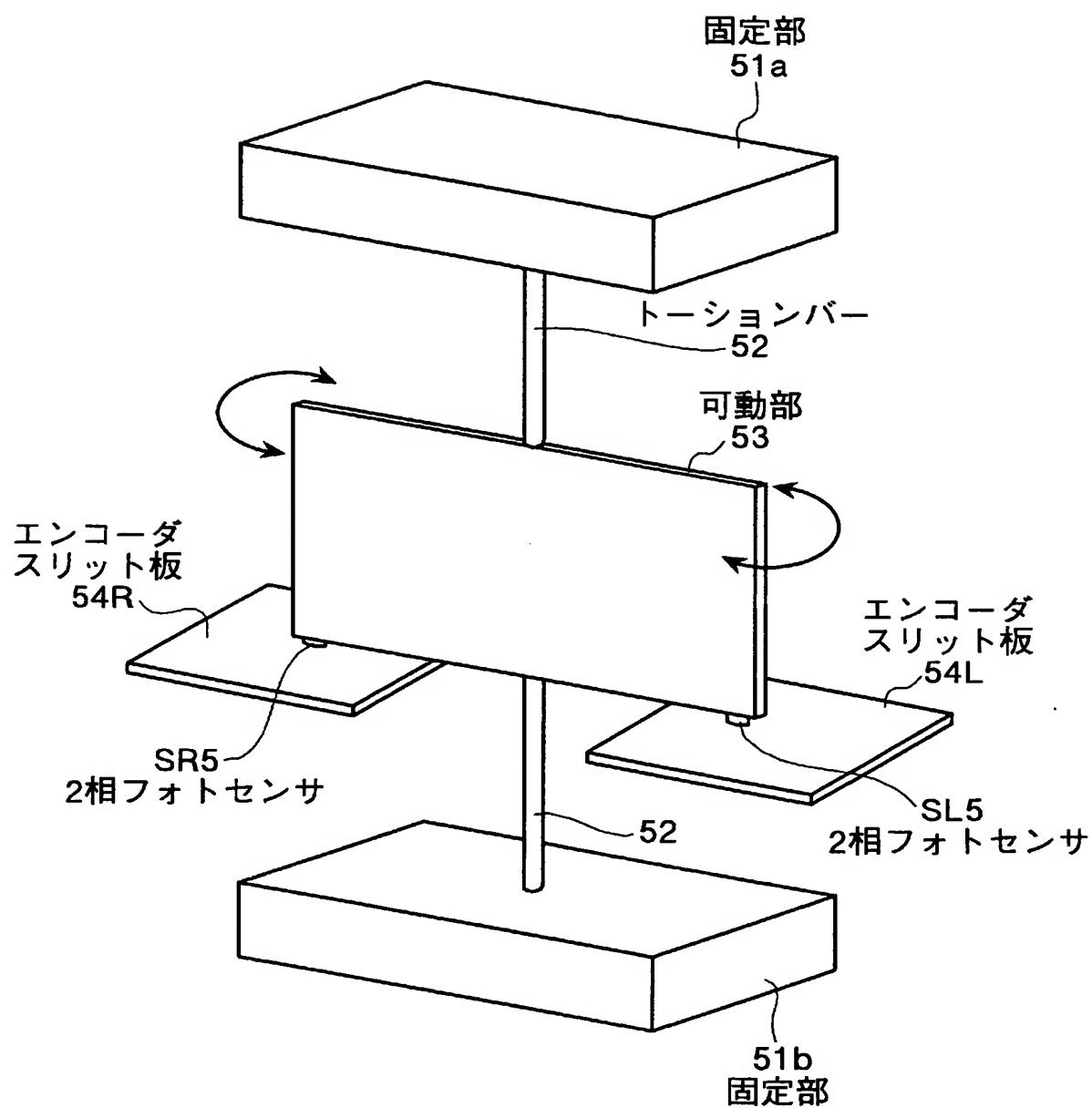
[図13]



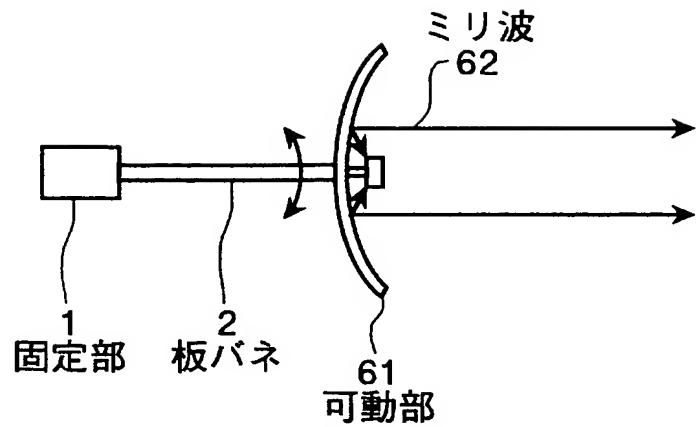
[図14]



[図15]



[図16]



[図17]

